**Université Abdelmalek Essaâdi**
**Faculté des Sciences de Tétouan.**
**Département de Physique**
**Année : 2004/2005**
**SMP**

# Contrôle de rattrapage
# Physique 3: Electricité II
**(S3, Durée : 1h)**

## Exercice 1 :

Considérons un milieu de permittivité $\varepsilon_0$ et de perméabilité $\mu_0$, en présence d'une densité de charge électrique $\rho$ et d'un courant électrique de densité $\mathbf{J_c}$ :

a- Donner sous la forme différentielle, les quatre équations de Maxwell.

b- Donner brièvement la signification physique de chacune de ces équations.

## Exercice 2 :

1- Soit un fil droit de longueur infinie et de rayon a, parcouru par un courant d'intensité I.

a- Déterminer la direction et le sens du champ magnétique **B** crée par le fil en un point M situé à une distance x du fil. Représenter sur une figure ce vecteur champ magnétique.

b- Par application du théorème d'Ampère, déterminer le module de **B** au point M.

2- Un deuxième fil droit de longueur infinie et de rayon a, parcouru par un courant d'intensité I, est placé parallèlement au premier fil à une distance d (figure 1). On suppose que a << d de manière que le flux à travers les deux fils est négligeable.

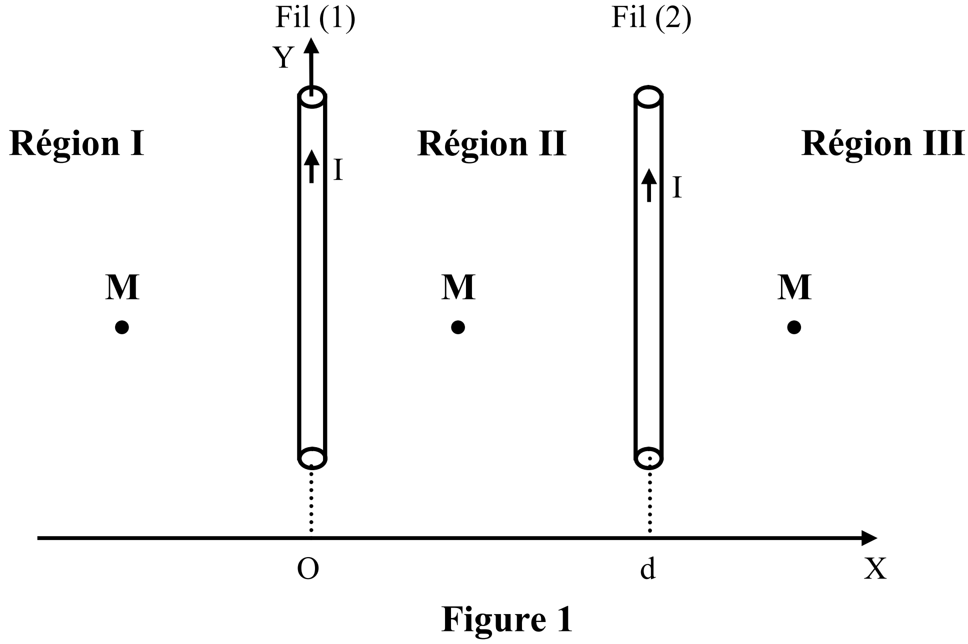



**Figure 1**

a- Représenter dans les trois régions, les vecteurs champs magnétiques $\mathbf{B_1}$ et $\mathbf{B_2}$ créés en M par les deux fils respectivement.

b- Déterminer dans chacune des trois régions, le vecteur champ magnétique résultant au point M ($|OM| = x$) en fonction de $\mu_0$, I, d et x. Représenter sur la même figure précédente ce vecteur champ magnétique.

c- Déterminer le sens, la direction et le module de :

1- La force magnétique par unité de longueur $\mathbf{F_{12}}$ exercée par le fil (1) sur le fil (2).

2- La force magnétique par unité de longueur $\mathbf{F_{21}}$ exercée par le fil (2) sur le fil (1).

d- Déterminer le flux élémentaire $d\Phi$ du champ magnétique total à travers la surface élémentaire ds de longueur $l'$ et de largeur dx (figure 2).

e- Déterminer le coefficient d'auto-induction par unité de longueur de cette structure.

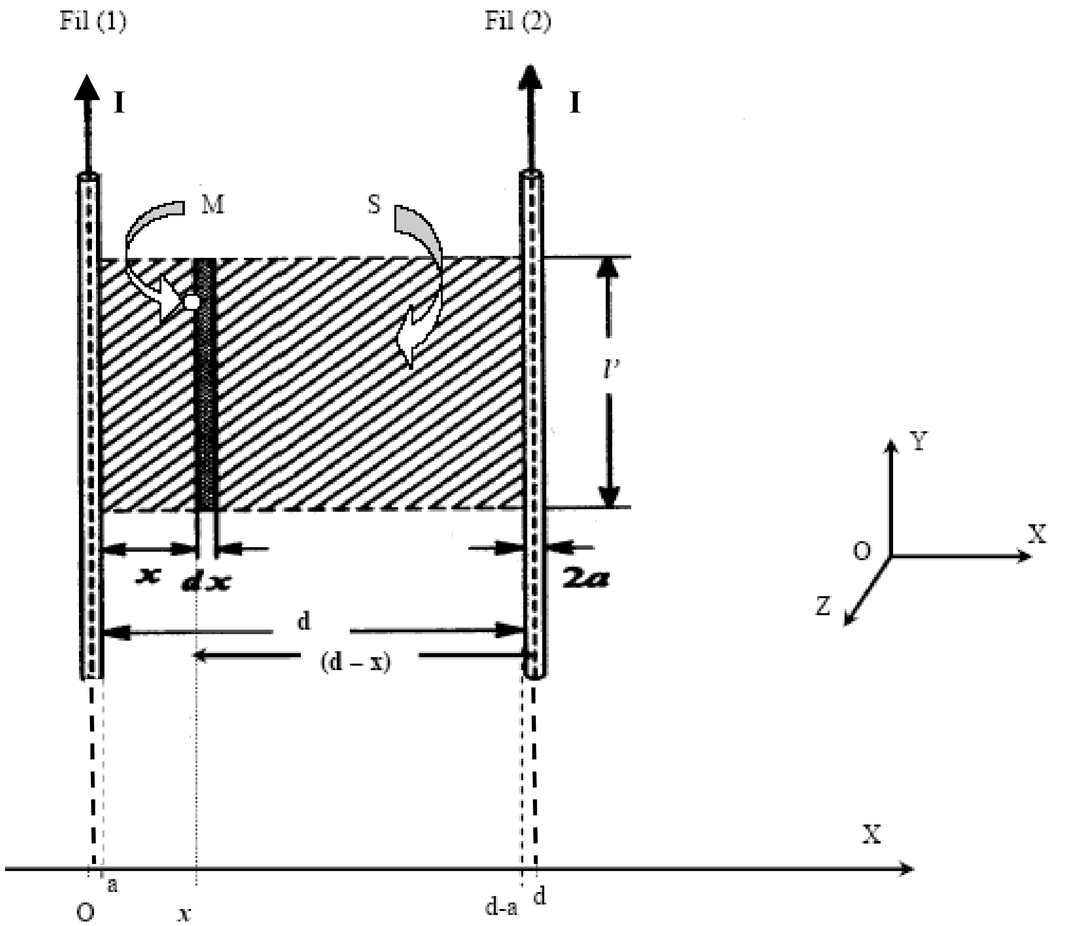



**Figure 2**

Correction

contrôle de rattrapage

physique 3, Electricité II (04/05)

19/03/2005

EX ①

Dans un milieu de permittivité électrique $\varepsilon_0$ et perméabilité $\mu_0$, en présence de charge électrique $\rho$ et d'un courant électrique de densité $\vec{J}_c$, les 4 équations de Maxwell sous forme différentielle sont :

1) $\vec{\nabla} \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$ Loi de Gauss (électrique) $\rightarrow$ Existence de monopole électriques (charge électrique isolé)

2) $\vec{\nabla} \vec{B} = 0$ Loi de Gauss (magnétique) $\rightarrow$ conservation du flux mag. Il n'existe pas de charge magnétique isolée.

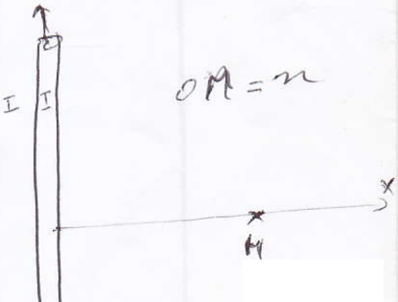
3) $\vec{\nabla} \wedge \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt}$ Loi d'induction EM de Faraday $\rightarrow$ variation d'un chp mag dans le temps entraine l'apparition d'un chp électrique.

4) $\vec{\nabla} \wedge \vec{B} = \mu_0 \vec{J}_c + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt}$ : théo d'Ampère $\rightarrow$ tout courant électrique et toute variation de flux électrique génère un chp magnétique

EX ②

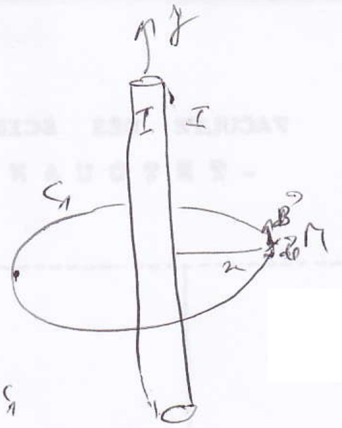
① le fil est de longueur infinie, donc les effets de bords sont négligeables, les lignes de champs magnétiques sont des boucles fermées concentriques autour de l'axe de révolution du fil.

symétrie parfaite $\Rightarrow$ on peut appliquer le théo d'Ampère




$$\oint_{C_0} \vec{B}\, d\vec{l}_1 = \mu_0 \Sigma I$$

Soit $C_1$ est un cercle concentrique autour du fil et passant par le pt M




$$\int_{C_1} \vec{B}\,\vec{dl_1} = \int_{C} B\,dl = \mu_0 I \qquad \vec{B} \parallel \vec{dl_1}$$

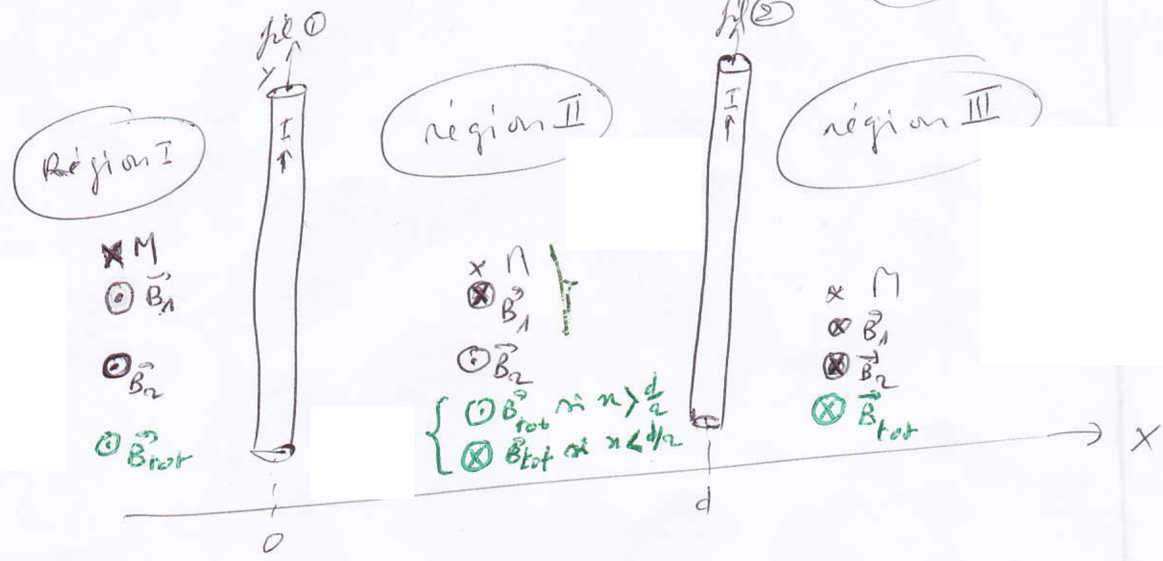
$$= B \int_{C_1} dl = \mu_0 I \qquad \text{B est le même en chq pt de } C_1$$

$$2\pi r B = \mu_0 I$$

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}} \qquad \boxed{\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}\vec{e}_\theta}$$

(2)

a)




b) $\vec{B}_{tot} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$

* Dans la région I :

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} \quad \text{et} \quad B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi(x+d)}$$

$$\boxed{B_{tot} = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\left(\frac{1}{x} + \frac{1}{x+d}\right)} > 0 \qquad \boxed{\vec{B}_{tot} = B_{tot}\,\vec{e}_z}$$

* Dans la région II :

$$B_1 = -\frac{\mu_0 I}{2\pi x} < 0 \qquad B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi(d-x)} > 0$$

$$\boxed{B_{tot} = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\left(-\frac{1}{x} + \frac{1}{d-x}\right)}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{2\pi}\left(\frac{-d+2x}{x(d-x)}\right)$$

$$B_{tot} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{(2x-d)}{x(d-x)}$$

dans la région II $\quad B_{tot} > 0 \quad$ si $\quad 2x - d > 0$

$$x > \frac{d}{2}$$

$B_{tot} < 0 \quad$ si $\quad x < \frac{d}{2}$

$B_{tot} = 0 \quad$ si $\quad x = \frac{d}{2}$

ainsi $\quad \vec{B}_{tot} = |B_{tot}| \vec{k} \quad$ si $x > \frac{d}{2}$

$= |B_{tot}|(-\vec{k}) \quad$ si $x < \frac{d}{2}$

* Dans la région III :

$B_1 = -\frac{\mu_0 I}{2\pi x} \qquad B_2 = -\frac{\mu_0 I}{2\pi(x-d)}$ car $x > d$

$$B_{tot} = -\frac{\mu_0}{2\pi}\left(\frac{1}{x} + \frac{1}{(x-d)}\right) < 0$$

$$\vec{B}_{tot} = |B_{tot}|(-\vec{k})$$

c) 1) soit $\vec{F'}_{12}$ la force magnétique exercée par le fil (1) sur le fil (2) : $\quad l_1 = l_2 = l$, $\quad I_1 = I_2 = I$

$$\vec{F'}_{12} = I_2 \vec{l}_2 \wedge \vec{B}_1 = I \vec{l} \wedge \vec{B}_1$$

$\vec{F'}_{12} \parallel Ox$ et est dirigée selon $-\vec{ox}$

c'est une force d'attraction $\Rightarrow F'_{12} = I l B_1 \sin\frac{\pi}{2} = I l B_1$

soit $F_{12} = F'_{12}/l = I B_1$

$$\boxed{F_{12} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi d}}$$

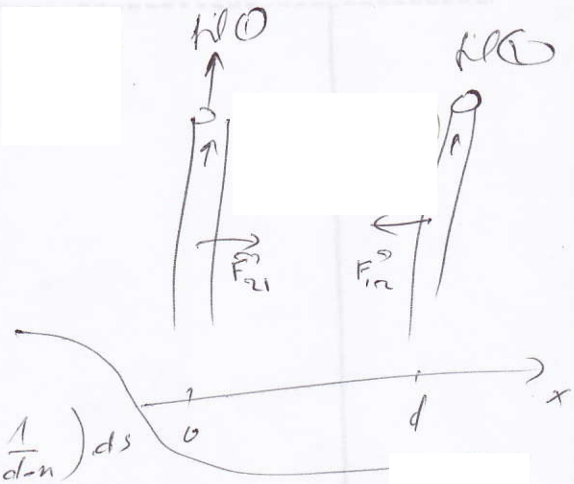
2) soit $\vec{F'}_{21}$ la force mag exercée par le fil (2) sur le fil (1) :

$$\vec{F'}_{21} = I_1 \vec{l}_1 \wedge \vec{B}_2 = I \vec{l} \wedge \vec{B}_2$$

$\vec{F'_{21}}$ // $Ox$ et est dirigée selon $\vec{Ox}$ (force d'attraction)

$$F_{21} = \frac{F'_{21}}{l} = \frac{I\, l\, B_2 \sin\frac{\pi}{2}}{l} = I B_2$$

$$\boxed{F_{21} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi d} = F_{12}}$$




d) $d\phi$ ?

$$d\phi = B_{tot}\, dS = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\left(-\frac{1}{x} + \frac{1}{d-x}\right) dS$$

$$d\phi = B_{tot} . dS = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{(2x-d)}{x(d-x)} . l' . dx$$

e) coef d'autoinduction par unité de longueur de S ?

$\phi_{tot}$ le flux total envoyé par les deux fil à travers

$$\phi_{tot} = \int_S d\phi = \int_S B_{tot} . dS$$

$$= \frac{\mu_0 I l'}{2\pi}\left[\int_a^{d-a} -\frac{dx}{x} + \int_a^{d-a} \frac{dx}{d-x}\right]$$

$$= \frac{\mu_0 I l'}{2\pi}\Big[-\log x - \log(d-x)\Big]_a^{d-a}$$

$$= \frac{\mu_0 I l'}{2\pi}\Big[-\log(d-a) - \log(d-d+a) + \log a + \log(d-a)\Big]$$

$= 0 \quad = L . I$ où $L$ est le coef d'autoinduction de S

$$\Rightarrow \boxed{L = 0}$$